

PERANCANGAN JARINGAN INDOOR 4G LTE TDD 2300 MHZ MENGGUNAKAN RADIOWAVE PROPAGATION SIMULATOR

Alfin Hikmaturokhan¹, Khoirun Ni'amah², Eka Setia Nugraha³

¹alfin@st3telkom.ac.id, ²14101127@st3telkom.ac.id, ³eka_nugraha@st3telkom.ac.id

¹²³Sekolah Tinggi Teknologi Telematika Telkom Purwokerto

Jl.D.I Panjaitan No 128 Purwokerto 531

Abstrak

Sistem jaringan selular indoor merupakan salah satu solusi untuk mengatasi lemahnya sinyal yang dipancarkan oleh eNodeB. Gedung dengan tingkat trafik komunikasi selular yang padat, seperti gedung konferensi, sekolah/kampus, perkantoran, pusat swalayan dan bandara memerlukan sistem jaringan indoor untuk menjaga kelangsungan komunikasi selular dan kebutuhan bit rate yang tinggi oleh semua *user*. Oleh karena itu, perlu dilakukan perencanaan jaringan indoor dengan menggunakan femtocell LTE. Penulisan Penelitian ini merancang jaringan indoor LTE di gedung kampus ST3 Telkom Purwokerto lantai 1 dan 2 berdasarkan model propagasi COST 231-Multiwall Indoor dengan menggunakan aplikasi *Radiowave Propagation Simulator* (RPS). Parameter yang dibutuhkan untuk perancangan jaringan selular indoor yaitu luas gedung, jenis material gedung dan jumlah user untuk mengetahui jumlah *Femtocell Access Point* (FAP) yang dibutuhkan agar semua ruangan dapat tercover dan mendapatkan sinyal yang bagus. Dari hasil perhitungan *coverage*, dengan total luas area yang direncanakan 1482 m² dibutuhkan 10 FAP. Perancangan menggunakan 3 skenario, skenario terbaik adalah skenario 2 (FAP diletakkan di tengah-tengah setiap ruangan) menghasilkan level daya sinyal yaitu -63.91 dBm dan Signal to Interference Ratio (SIR) sebesar 3.00 dB. Untuk alokasi *Physical Cell Identity* (PCI) total ada 10 nomor sesuai dengan jumlah FAP, karena tidak ada pembagian sektor pada setiap Femtocell Access Point (FAP).

Kata kunci : *Femtocell, LTE, Cakupan, Signal to Interference Ratio (SIR), Radiowave Propagation Simulator (RPS).*

1. Pendahuluan

Teknologi telekomunikasi terus berkembang dan saat ini sudah menuju teknologi broadband wireless access, dari sisi pengguna dituntut untuk dapat memenuhi komunikasi dengan laju data yang tinggi, kapasitas yang besar, area akses yang semakin luas dan mobilitas yang tinggi dimanapun user berada baik didalam gedung (*indoor*) maupun diluar gedung (*outdoor*).

Service yang dikehendaki oleh *user* adalah komunikasi berbasis kecepatan tinggi seperti saat sekarang sudah hadirnya jaringan 4G (LTE) yang memiliki kapasitas dan data rate yang tinggi. Banyaknya pembangunan gedung-gedung bertingkat dan kerapatannya yang tinggi, mengakibatkan banyak terjadi proses redaman terhadap sinyal telekomunikasi sehingga komunikasi yang diharapkan handal akan mengalami gangguan juga. Seperti pada sebuah ruangan dalam gedung bertingkat yang tidak terjangkau oleh jaringan *outdoor*. Oleh karenanya perlu dilakukan perencanaan pembangunan jaringan indoor dengan menggunakan femtocell LTE.

Femtocell sendiri merupakan teknologi pemancar mikro yang menggunakan level daya rendah, menggunakan frekuensi seperti yang

digunakan jaringan selular, dikoneksikan dengan backhaul jaringan internet digunakan untuk memperluas cakupan dan meningkatkan kapasitas serta pemasangannya secara auto configuration. Penerapan LTE dilakukan melalui teknik indoor penetration yakni dengan cara menghubungkan Femtocell Access Point (FAP) ke jaringan internet yang menggunakan link jaringan akses data dan terhubung ke jaringan dari provider yang bersangkutan, dan untuk membuat rancangan jaringan indoornya menggunakan *Radiowave Propagation Simulator* (RPS). RPS adalah program aplikasi desktop yang berfungsi untuk analisis propagasi gelombang radio atau prediksi Coverage BTS telekomunikasi.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis mengambil topik Penelitian mengenai "PERANCANGAN JARINGAN INDOOR 4G LTE TDD 2300 MHZ MENGGUNAKAN RADIOWAVE PROPAGATION SIMULATOR".

Penelitian ini merupakan pengembangan dari Penelitian sebelumnya atas nama Lita Berlianti "Perancangan Jaringan Indoor Femtocell HSDPA Dengan Menggunakan Radiowave Propagation Simulator Studi Kasus Gedung Baru Kampus ST3 Telkom Purwokerto" yaitu

perencanaan yang dilakukan menggunakan jaringan 3,5G dan perencanaan hanya dilakukan pada lantai 1 dan tidak melakukan perencanaan pada Physical Cell Identity (PCI).

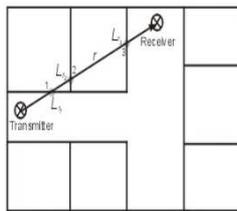
2. Metologi Penelitian

a. SISTEM KOMUNIKASI SELULAR INDOOR

Sistem dalam gedung sangat berbeda dengan sistem luar gedung, hal yang paling mendasar adalah model perancangan sistem radio dan distribusi antenanya harus disesuaikan dengan karakteristik gedung tempat sel tersebut terpasang.

1) Model propagasi jaringan indoor

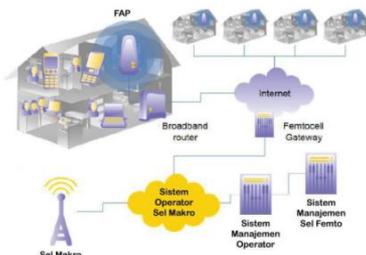
Model propagasi indoor yang digunakan pada Penelitian ini adalah *Cost 231 Multiwall* karena seluruh dinding pada bidang vertikal antara transmitter dengan receiver akan dipertimbangkan. Sedangkan untuk masing-masing dinding dengan propertis materialnya diperhitungkan juga, bertambahnya dinding yang akan dilewati sinyal akan membuat attenuasi dinding menjadi berkurang.



Gambar 1. Prediksi Tampilan *COST 231 Multiwall* Model[2]

b. Konsep Dasar Femtocell

Femtocell merupakan teknologi pemancar mikro atau juga dapat disebut dengan *Home Base Station* yang menggunakan level daya rendah yang berfungsi untuk memperluas cakupan dan meningkatkan kapasitas.



Gambar 2. Penggunaan *Femtocell*[2]

c. Perencanaan Coverage Femtocell

Dalam perencanaan *Coverage femtocell* ada beberapa tahapan yang harus dilakukan diantaranya yaitu sebagai berikut:

1) Menghitung *Link Budget*

a. Propagasi *Free Space Loss*

$$L_p = FSL = 32,45 + 20 \log f + 20 \log d^{[2]} \dots(1)$$

b. Perhitungan *Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)*

$$EIRP = P_{tx} + G_{tx} - L_{tx}^{[4]} \dots(2)$$

c. Perhitungan *Receive Signal Level (RSL)*

$$RSL = EIRP - L_{propagasi} + G_{rx} - L_{rx}^{[4]} \dots(3)$$

2) Menentukan Jumlah Access Point

a. Analisis Berdasarkan Kapasitas

[1]. Menghitung jumlah *user* yang berada dikedung

[2]. Menghitung nilai *throughput*

$$Throughput = \text{Bearer rate} \times \text{Session time} \times \text{Session duty ratio} \times [1/(1-BLER)]^{[5]} \dots(4)$$

[3]. Menghitung *single user throughput*

$$\text{Single User Throughput} = \frac{\sum \left(\frac{\text{Throughput}}{\text{Session}} \right) \times \text{BHS} \times \text{Penetration Ratio} \times (1 + \text{PAR})}{3600}$$

(5)

[4]. Menghitung nilai *network throughput uplink* dan *downlink*

$$\text{Uplink Network Throughput (IP)} = \text{Total User Number} \times \text{UL Single Throughput}^{[5]} \dots(6)$$

$$\text{Downlink Network Throughput (IP)} = \text{Total User Number} \times \text{DL Single User Throughput}^{[11]} \dots(7)$$

[5]. Menghitung *cell capacity uplink* dan *downlink*

$$DL \text{ Cell Capacity} + CRC = (168 - 36 - 12) \times (\text{Code bits}) \times (\text{Code rate}) \times N_{rb} \times C \times 1000^{[5]} [8]$$

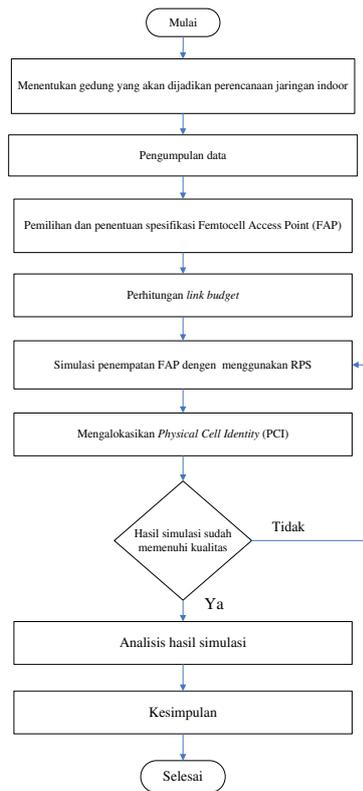
$$UL \text{ Cell Capacity} + CRC = (168 - 24) \times (\text{Code bits}) \times (\text{Code rate}) \times N_{rb} \times C \times 1000^{[5]} (9)$$

b. Analisis Berdasarkan *Coverage*

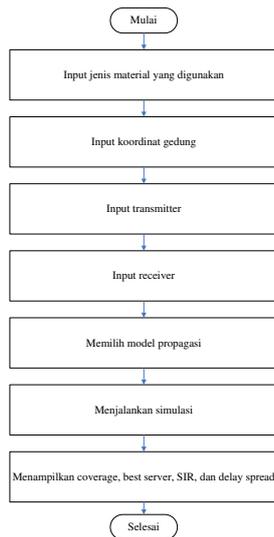
L_T Multiwall Model:

$$= L_{FSL} + LC + \sum_{i=1}^M n_{wi} \cdot L_{wi+nf} \left[\frac{nf+2}{nf+1} \right] b \cdot L_f (10)$$

d. Metode Perancangan Jaringan Indoor



Gambar 3. Diagram Alir Rencana Kerja



Gambar 4. Diagram Program Simulasi Sistem Jaringan Indoor

e. Informasi Lokasi Gedung

Lokasi gedung yang dijadikan studi kasus untuk perancangan pembangunan jaringan *indoor femtocell* LTE adalah gedung kampus Sekolah Tinggi Teknologi Telematika Telkom Purwokerto yang terletak di Jalan D.I Panjaitan no 128 Purwokerto..



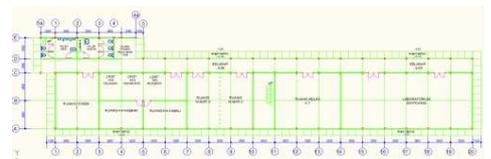
Gambar 6. Gedung Kampus ST3 Telkom Purwokerto

Kampus ST3 Telkom Purwokerto terdiri dari 3 lantai dengan total ketinggian 12 meter dari permukaan tanah. Namun yang dijadikan studi kasus atau perencanaan hanya pada lantai satu dan dua saja. Hal ini dikarenakan ruangan pada lantai ketiga jarang digunakan untuk kegiatan belajar mengajar dan lain sebagainya sehingga *user* dilantai tiga juga hanya sedikit.

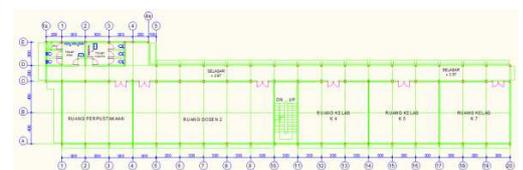
Tabel 1 . DePenelitian Gedung Kampus STT Telematika Telkom Purwokerto

Rincian	Luas
Lantai 1	741 m ²
Lantai 2	741 m ²
Lantai 3	741 m ²
Total Luas Keseluruhan	2223 m ²

Luas keseluruhan kampus Sekolah Tinggi Teknologi Telematika Telkom Purwokerto kurang lebih 2223 m². Namun karena perencanaan pembangunan jaringan *indoor femtocell* LTE dilakukan pada lantai 1 dan lantai 2 saja sehingga total luas area yang direncanakan yaitu 1482 m².



Gambar 7. Denah Lantai 1



Gambar 8. Denah Lantai 2

Gambar 7 dan 8 merupakan dePenelitian bagian-bagian dari lantai 1, setiap harinya masing-masing ruangan digunakan untuk kegiatan kemahasiswaan dan selalu dipenuhi oleh *user* yang membutuhkan akses internet yang cepat dan lancar.

3. Hasil Dan Pembahasan

a. Analisis Perancangan Dan Hasil Simulasi

Analisis yang dilakukan pada penelitian ini yaitu analisis dalam perhitungan untuk menentukan jumlah *Femtocell Access Point* (FAP) yang berdasarkan dari nilai kapasitas dan cakupan kemudian membandingkan antara kapasitas dan cakupan yang layak untuk diimplementasikan. Selanjutnya menganalisis hasil simulasi pada perangkat lunak *Radiowave Propagation Simulator* (RPS) berdasarkan perbedaan letak dari *Femtocell Access Point* (FAP). Sedangkan untuk menjalankan simulasi di program RPS maka langkah-langkah yang harus dilakukan adalah:

b. Hasil Perhitungan

Berikut hasil perhitungan dalam rangka perencanaan jaringan indoor.

1) Analisis Perbandingan *Coverage* Dan Kapasitas

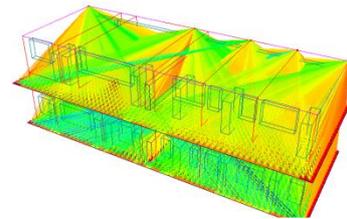
Kapasitas dan *Coverage* merupakan dua cara yang dilakukan untuk menentukan jumlah *Femtocell Access Point* (FAP) yang dibutuhkan. Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan didapatkan bahwa jumlah FAP berdasarkan *Coverage* sebanyak 10 FAP sedangkan dari perhitungan kapasitas didapatkan 3 FAP. Pada perhitungan berdasarkan kapasitas, hal terpenting yakni dapat menentukan jumlah pengguna dalam satu FAP dan menentukan jumlah *user* yang aktif secara bersamaan dalam satu gedung. Sedangkan pada perhitungan berdasarkan *Coverage* perhitungan *link budget* yang menjadi hal terpenting yakni parameter dari perangkat pengirim dan penerima, serta kondisi *loss* dalam setiap ruangan serta model propagasi yang digunakan. Dari perhitungan ini akan didapat luas area yang dapat dicakup. Perlunya informasi luas sel area yang direncanakan menjadi modal awal dalam perhitungan ini sehingga untuk menentukan jumlah FAP yaitu membagi luas area yang direncanakan dengan luas area yang dicakup.

Kesimpulannya dari dua perhitungan yang telah dilakukan maka yang paling layak untuk diimplementasikan yaitu jumlah FAP yang paling maksimal agar semua ruangan didalam gedung ter-cover oleh FAP tersebut yaitu berdasarkan *Coverage* dengan 10 FAP karena memperhitungkan luas area dan radius dari sel serta redaman yang terjadi pada gedung tersebut sehingga lebih optimal untuk mencakup seluruh ruangan yang ada dibandingkan dengan berdasarkan kapasitas yang hanya 3 FAP dimana jumlah *user* yang aktif tidak permanen artinya tiap harinya selalu berubah bisa bertambah dan berkurang sehingga tidak dapat dijadikan patokan.

2) Analisis Simulasi Pada *Radiowave Propagation Simulator* (RPS)

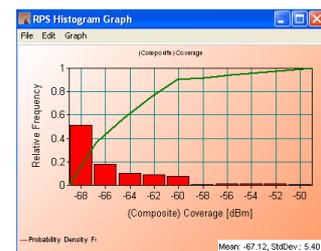
a. FAP diletakkan sejajar disisi kanan

Pada skenario pertama, penempatan FAP dalam posisi sejajar dan menyudut disisi kanan setiap ruangan dan melekat pada tembok. Lima FAP ditempatkan pada lantai 1 dengan ketinggian 3 meter dan lima FAP ditempatkan pada lantai 2 dengan ketinggian 6 meter dari permukaan tanah.



Gambar 9. Hasil Simulasi *Coverage* Skenario 1

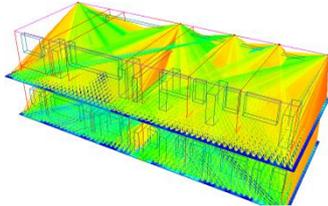
Gambar tersebut menggambarkan pola penyebaran cakupan area *femtocell*. Baik lantai 1 maupun lantai 2 dapat tercakupi dengan sangat baik karena pada kasus ini semua area tercakup oleh FAP.



Dan dapat pula dilihat pada grafik **Gambar 10.** Histogram *Coverage* Skenario 1 dimana pada sumbu horizontal merupakan nilai *Coverage* yang paling

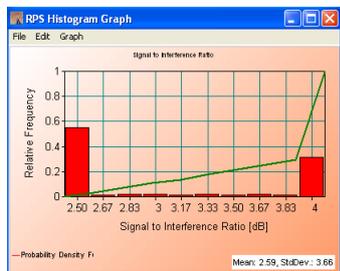
menonjol (*mean*) adalah $-67,12$ dBm, pada sumbu vertikal merupakan nilai *relative* frekuensi yaitu sebesar $0,5$ Berarti sebanyak 50% *user* mendapatkan level daya sebesar $-67,12$ dBm.

Selain memperhatikan parameter *Coverage*, parameter *signal to intreferece ratio* juga diperlukan dalam merancang suatu jaringan. Parameter *signal to interfeerency ratio* menunjukkan kualitas sinyal yang dapat diterima oleh *user*.



Gambar 11. Hasil Simulasi SIR Skenario 1

Pada lantai 1 dan lantai 2 mendapatkan kualitas sinyal yang cukup bagus yang ditandai dengan semua area mendapatkan sinyal dari FAP tersebut.

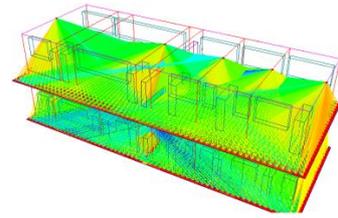


Gambar 12. Histogram SIR Skenario 1

Sebanyak 50% *user* mendapatkan level *signal to interference* sebesar 2.59 dB yang tergolong kategori normal.

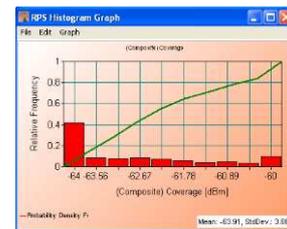
b. FAP diletakkan sejajar ditengah-tengah

Pada skenario kedua, penempatan FAP dengan posisi sejajar ditengah-tengah setiap ruangan dan melekat pada tembok. Lima FAP ditempatkan pada lantai 1 dengan ketinggian 3 meter dan lima FAP ditempatkan pada lantai 2 dengan ketinggian 6 meter dari permukaan tanah.



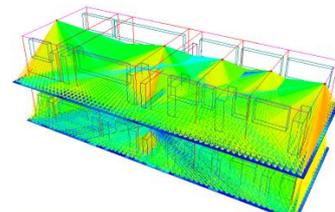
Gambar 13. Hasil Simulasi Coverage Skenario 2

Baik lantai 1 maupun lantai 2 dapat tercakupi dengan sangat baik karena pada kasus ini semua area tercakupi oleh FAP.



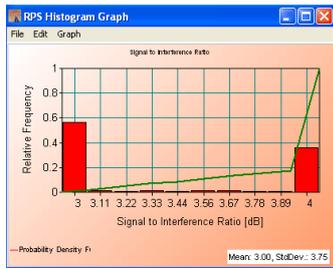
Gambar 14. Histogram Coverage Skenario 3

Dan dapat pula dilihat pada grafik dimana pada sumbu horizontal merupakan nilai *Coverage* yang paling menonjol (*mean*) adalah $-63,91$ dBm, pada sumbu vertikal merupakan nilai *relative frequency* yaitu sebesar $0,4$. Berarti sebanyak 40% *user* mendapatkan level daya sebesar $-63,91$ dBm. Yang berarti pada skenario yang ke 2 nilai level daya pancar sinyal yang dihasilkan lebih besar jika dibandingkan dengan skenario yang pertama.



Gambar 15. Hasil Simulasi SIR Skenario 2

Dapat dilihat pada gambar dimana pada lantai 1 dan lantai 2 mendapatkan kualitas sinyal yang cukup bagus yang ditandai dengan semua area mendapatkan sinyal dari FAP tersebut.

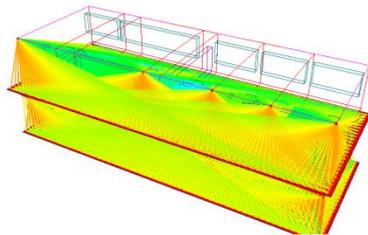


Gambar 16. Histogram SIR Skenario 2

Pada grafik dimana pada sumbu horizontal merupakan nilai *Signal to Interference Ratio* yang paling menonjol (*mean*) adalah 3,00 dB, pada sumbu vertikal merupakan nilai *relative frequency* yaitu sebesar 0,6. Berarti sebanyak 60% *user* mendapatkan level *signal to interference* sebesar 3,00 dB yang tergolong kategori normal

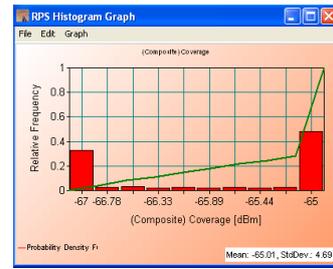
c. FAP diletakkan sejajar disisi kiri

Pada skenario ketiga, penempatan FAP dalam posisi sejajar dan menyudut disisi kiri setiap ruangan dan melekat pada tembok. Lima FAP ditempatkan pada lantai 1 dengan ketinggian 3 meter dan lima FAP ditempatkan pada lantai 2 dengan ketinggian 6 meter dari permukaan tanah.



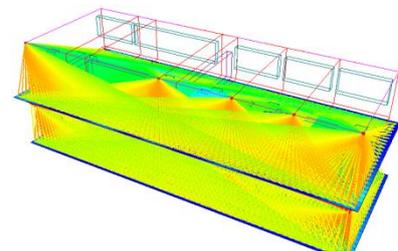
Gambar 17. Hasil Simulasi Coverage Skenario 3

Skenario yang ketiga sama dengan skenario pertama yaitu sama-sama diletakkan disudut setiap ruangan, perbedaannya hanya disisi kanan dan kiri saja. Baik lantai 1 maupun lantai 2 dapat tercakupi dengan sangat baik karena pada kasus ini semua area tercakup oleh FAP yang berarti sebagian besar *user* mendapatkan kuat sinyal yang bagus pula.



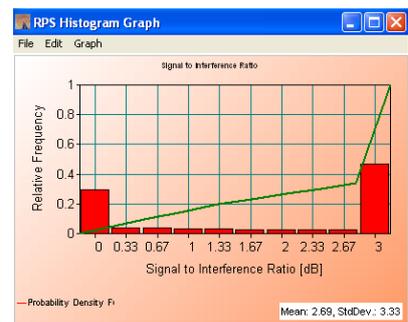
Gambar 18. Histogram Skenario 3

Dapat pula dilihat pada grafik dimana pada sumbu horizontal merupakan nilai *Coverage* yang paling menonjol (*mean*) adalah -53,79 dBm, pada sumbu vertikal merupakan nilai *relative frequency* yaitu sebesar 0,5. Berarti sebanyak 50% *user* mendapatkan level daya sebesar -65,01 dBm. Yang berarti pada skenario yang ke 3 nilai level daya pancar sinyal yang dihasilkan lebih kecil jika dibandingkan dengan skenario yang pertama dan kedua.



Gambar 19. Hasil Simulasi Coverage Skenario 3

Dapat dilihat pada gambar dimana pada lantai 1 dan lantai 2 mendapatkan kualitas sinyal yang cukup bagus yang ditandai dengan semua area mendapatkan sinyal dari FAP tersebut. Sehingga sebagian besar *user* yang berada dilantai 1 dan 2 dapat melakukan panggilan dan mengakses jaringan yang cukup bagus.



Gambar 20. Histogram SIR Skenario 3

Sebanyak 50% *user* mendapatkan level *signal to interference* sebesar 2,69 dB yang tergolong kategori normal. Jika dibandingkan dengan skenario yang kedua SIR pada skenario yang ketiga lebih kecil dibandingkan dengan skenario kedua karena menghasilkan nilai SIR yang lebih kecil, dan jika dibandingkan dengan skenario pertama SIR pada skenario ketiga memiliki nilai yang lebih tinggi.

Berdasarkan dari ketiga simulasi yang telah disimulasikan pada aplikasi RPS untuk penempatan FAP pada perencanaan jaringan *indoor*, maka hasil simulasi skenario yang kedua yang menghasilkan kuat sinyal dan kualitas sinyal yang terbaik dibandingkan dengan skenario yang pertama dan ketiga. Pada skenario kedua dimana FAP ditempatkan ditengah-tengah inilah yang paling sesuai dengan kebutuhan penelitian ini.

Tabel 2. Hasil *Mean Coverage* dan SIR Pada Setiap Skenario

No	Jenis Skenario	Nilai <i>Composite Coverage</i> (dBm)	Nilai <i>Signal to Interference Ratio</i> (dB)
1.	Skenario 1	-67,12	2,59
2.	Skenario 2	-63,91	3,00
3.	Skenario 3	-65,01	2,69

Nilai *mean composite coverage* dan *signal to interference ratio* pada setiap skenario menghasilkan nilai yang berbeda-beda. Pada skenario 1 rata-rata level daya sinyal yang dihasilkan dari bentuk penempatan FAP yang menyudut sisi kanan setiap ruangan yaitu sebesar -67,12 dBm, nilai *signal to interference ratio* sebesar 2,59 dB. Pada skenario 2 rata-rata level daya sinyal yang dihasilkan dari bentuk penempatan FAP yang berada ditengah-tengah setiap ruangan yaitu sebesar -63,91 dBm, nilai *signal to interference ratio* sebesar 3,00 dB. Dan pada skenario 3 rata-rata level daya sinyal yang dihasilkan dari bentuk penempatan FAP yang menyudut sisi kiri setiap ruangan yaitu sebesar -65,01 dBm dengan nilai *signal to interference ratio* sebesar 2,69 dB. Dengan melihat hasil tersebut maka pada skenario kedua yang mendapatkan level daya sinyal yang paling

besar begitu juga dengan *signal to interference* yang dihasilkan juga paling besar dibandingkan dengan skenario yang pertama dan ketiga.

Dari semua hasil simulasi skenario, semua ruangan pada lantai 1 dan 2 dapat tercakupi semua dan mendapatkan kualitas sinyal dengan cukup baik. Pada penelitian ini maka penempatan FAP diposisikan seperti pada skenario kedua yaitu berada ditengah-tengah setiap ruangan yang dapat memancarkan sinyal dengan redaman paling kecil jika dibandingkan dengan skenario yang pertama dan ketiga yang diposisikan disudut kanan maupun kiri. Hal ini membuktikan bahwa penempatan dan jumlah antenna pada skenario yang kedua yang paling baik dan tepat untuk diimplementasikan dalam perancangan jaringan *indoor* di gedung kampus ST3Telkom Purwokerto.

Selain ketiga skenario tersebut perlu dilakukan percobaan variasi dari jumlah FAP yaitu 3 FAP, 5 FAP, 7 FAP dan 9 FAP dengan semua FAP sama-sama diletakkan ditengah-tengah hal ini dikarenakan dari ketiga skenario tersebut peletakan FAP ditengah-tengah yang memiliki power sinyal dan SIR yang paling besar. Kemudian dari hasil variasi FAP tersebut digunakan untuk melihat bagaimana pengaruh banyaknya jumlah FAP terhadap *coverage* dan SIR. Hasil *power* sinyal dan SIR dari variasi jumlah FAP terdapat pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Perbandingan Variasi Jumlah FAP

No	Jumlah FAP	Nilai <i>Composite Coverage</i> (dBm)	Nilai <i>Signal to Interference Ratio</i> (dB)
1.	3	-73.56	8.23
2.	5	-68.94	6.58
3.	7	-65.16	5.42
4.	9	-64.39	3.90
5.	10	-63.91	3.00

Dari tabel 4 perbandingan variasi dari jumlah FAP yang telah disimulasikan bahwasannya jumlah FAP sangat berpengaruh pada *coverage* dan SIR. Semakin banyak jumlah FAP maka nilai dari (*composite*) *coverage* semakin besar sehingga menghasilkan power sinyal (RSRP) yang lebih bagus. Dan untuk nilai SIR, semakin banyak jumlah FAP menghasilkan nilai yang kecil dikarenakan

banyak sinyal penginterferensi dari setiap FAP, sedangkan untuk jumlah FAP yang sedikit sinyal yang menginterferensi hanya sedikit dikarenakan jumlah FAP juga hanya sedikit.

3) Alokasi *Physical Cell ID* (PCI)

Alokasi pada PCI tersedia 504 *physical layer* yang terdiri dari 3 *Primary Synchronization Signal* (PSS) dan 168 *group Secondary Synchronization Signal* (SSS). Penelitian ini menggunakan alokasi PCI untuk jaringan *indoor*. Misalnya pada jaringan eksisting makro sel menggunakan PCI 0-461 maka pada jaringan *indoor* digunakan PCI 462-503. Sehingga alokasi PCI 0-461 tersebut tidak akan digunakan kembali untuk penomoran PCI pada FAP, tetapi menggunakan nomor PCI 462-503 (terdapat pada SSS 154-167) karena nomor-nomor tersebut merupakan nomor PCI yang bisa diterapkan pada jaringan *indoor*. Selisih penomoran PCI antar FAP sebesar 3 agar tidak terjadi kesalahan pada *handover*.

Tabel 4. Alokasi *Physical Cell ID* (PCI)

PSS	SSS															
	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167		
0	462	465	468	471	474	477	480	483	486	489	492	495	498	501		
1	466	469	472	475	478	481	484	487	490	493	496	499	502	1		
2	470	473	476	479	482	485	488	491	494	497	500	503	2	5		

Tabel 4 merupakan penomoran PCI yang tersedia untuk jaringan *indoor*. *Primary Synchronization Signal* (PSS) yang terdiri dari 3 sektor (0-2) dimana sektor 1 ditandai dengan warna merah, sektor 2 warna hijau dan sektor 3 berwarna merah. Dengan *group Secondary Synchronization Signal* (SSS) 154 s/d 167. Namun yang digunakan adalah *group* 154-163 karena jumlah FAP yang dibutuhkan hanya 10 saja. Sementara *group* SSS 164-167 dapat digunakan untuk ketika dibutuhkan optimasi jaringan. Jadi total yang dipilih untuk melakukan pengalokasian adalah 10 nomor PCI dari 42 nomor PCI yang disediakan karena tidak ada sektorisasi pada sel (FAP) sehingga hanya digunakan sektor 1 yang berwarna kuning saja untuk penomoran PCI disetiap FAP. Sehingga untuk pengalokasian PCI keseluruhan lebih lengkapnya teradapat pada tabel 5.

Tabel 5. Alokasi PCI Pada FAP

	Nomor FAP	Nomor PCI
Lantai 1	1	462
	2	465
	3	468
	4	471
	5	474
Lantai 2	6	477
	7	480
	8	483
	9	486
	10	489

Dengan diberikan penomoran PCI yang unik dimana setiap FAP penomoran PCI nya dibedakan atas 3 nomor untuk setiap FAP maka *user* tidak akan menerima identitas FAP yang sama sehingga pengidentifikasian untuk *handover* lebih mudah dan tidak mengalami kegagalan.

4. Kesimpulan Dan Saran

a. Kesimpulan

Dari penelitian perencanaan *Coverage area femtocell* di gedung kampus ST3 Telkom Purwokerto diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Dengan menggunakan daya pancar 20 dBm (sesuai spesifikasi FAP USC 8718) hasil perhitungan *Maximum Allowable Path Loss* (MAPL) untuk arah *downlink* adalah 138.42 dB dan setelah melalui penghalang menjadi 92,024 dB, didapatkan radius sel sejauh 5,83 m dan *coverage area* sebesar 88,34 m².
- 2) Hasil perhitungan *coverage* didapatkan 10 FAP, sedangkan hasil perhitungan kapasitas hanya 3 FAP. Sehingga pada penelitian ini digunakan hasil berdasarkan *coverage* karena dipilih jumlah FAP yang paling maksimal agar semua area dapat tercakup oleh FAP dan semua *user* dapat terhubung ke FAP.
- 3) Perancangan menggunakan 3 skenario, semua skenario sudah menghasilkan nilai *received power* dan *signal to*

interference yang bagus sehingga dapat menjangkau seluruh ruangan di lantai 1 dan 2 gedung ST3 Telkom Purwokerto Skenario terbaik adalah skenario ke 2 (FAP diletakkan di tengah-tengah setiap ruangan) menghasilkan daya pancar sebesar -63,91 dBm dan SIR sebesar 3,00 dB.

- 4) Setiap penambahan FAP memiliki nilai kenaikan *receiver power (coverage)* rata-rata sebesar 2,415 dBm. Dan setiap penambahan FAP memiliki nilai SIR dengan penurunan rata-rata sebesar 1,33 dB.
- 5) Alokasi *Physicall Cell Identity (PCI)* total ada 10 nomor sesuai dengan jumlah FAP, karena tidak ada pembagian sektor pada setiap *Femtocell Access Point*.

b. Saran

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan lagi untuk perbaikan dimasa mendatang adalah sebagai berikut.

- 1) Gedung yang dijadikan studi kasus dapat diperluas, tidak hanya di satu gedung kampus ST3 Telkom Purwokerto
- 2) Pemilihan partisi dan material bangunan pada *software* RPS dapat lebih bervariasi lagi dan harus sesuai dengan kenyataan dilapangan.
- 3) Skenario pada penelitian berikutnya dapat ditambahkan lagi yaitu tidak hanya 3 skenario.
- 4) Pemilihan tipe FAP untuk perancangan *indoor* selanjutnya juga dapat disesuaikan dengan kebutuhan dilapangan.
- 5) Pada aplikasi *Radiowave Propagation Simulator (RPS)* dapat dianalisa perbedaan dari setiap panjang gelombang yang dipancarkan oleh *Femtocell Access Point (FAP)*.

5. Daftar Pustaka

- [1] Hikmaturokhman, Alfin, Lingga Wardana. *4G Handbook Edisi Bahasa Indonesia*. Jakarta: Penerbit nulis buku. 2014.
- [2] Hikmaturokhman, Alfin, Wahyu Pamungkas, Lita Berlianti. 2015. *Analisa Model Propagasi Cost 231 Multiwall pada Perancangan Jaringan Indoor Femtocell HSDPA*

menggunakan Radiowave Propagation Simulator, SNATI Teknik Informatika UII

- [3] Mobile Com Laboratory. Modul *Femtocell Planning for LTE Network "Overview of LTE"*. Bandung : Institut Teknologi Telkom Bandung.
- [4] Cisco.Universal Small Cell 8000 Series Data Sheet.Cisco.<http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/universal-small-cell-8000-series/datasheet-c78-733945.html>
- [5] Rizky, Ahmad Khoiril. 2014. *Analisis Perancangan Coverage Area UMTS Femtocell Pada Apartemen Buah Batu Dengan Alokasi Scrambling Code*: Telkom University. Bandung
- [6] Ari Sadewa, dkk. 2015. *LTE Advanced And Wifi Femtocell Planning For Data Offload With Coverage Simulation Using RPS*. Telkom University.